



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 32 478 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 N 27/407
G 05 D 29/00
// F23M 11/04

②① Aktenzeichen: 198 32 478.2
②② Anmeldetag: 20. 7. 1998
④③ Offenlegungstag: 10. 2. 2000

DE 198 32 478 A 1

⑦① Anmelder:
Process-Electronic Analyse- und Regelgeräte
GmbH, 73092 Heiningen, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Wilhelm & Dauster, 70174 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Scholz, Thomas, Dipl.-Ing. (FH), 73054 Eislingen,
DE; Winter, Karl-Michael, Dipl.-Ing. (FH), 89231
Neu-Ulm, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 43 11 985 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Meßsonde
⑤⑦ Eine Meßsonde weist ein Fühlteil auf und hat einen Anschlußkopf. In dem Anschlußkopf sind eine oder mehrere Signalaufbereitungseinheiten, eine oder mehrere Auswerteeinheiten und wenigstens eine Regeleinheit untergebracht.

DE 198 32 478 A 1

Die Erfindung betrifft eine Meßsonde insbesondere zum Erfassen der Zusammensetzung einer Atmosphäre und/oder der Temperatur im Nutzraum eines Ofens mit einem Fühlteil, das wenigstens einen Meßfühler aufweist und einem Anschlußkopf, in dem für den wenigstens einen Meßfühler wenigstens eine Signalaufbereitungseinheit und wenigstens eine Auswerteeinheit untergebracht sind.

Derartige Meßsonden werden beispielsweise in Vorrichtungen zur Regelung von Temperatur und Gaszusammensetzung in Heiz- und Keramikbrennöfen, Kesselbefeuerungen, Gasgeneratoren und insbesondere auch in Wärmebehandlungsanlagen wie Kohlensäurenöfen, Nitrier- und Nitrocarburieröfen sowie Temper- und Blankglühöfen eingesetzt.

Beispielsweise ist aus der DE 44 34 563 A1 eine Sonde zum Messen eines Zustandes einer Ammoniak enthaltenden Reaktionsgasatmosphäre bekannt, die in einem Fühlteil einen mit einer Innen- und Außenelektrode kontaktierten Festkörperelektrolyten und ein Thermoelement enthält. Der Festkörperelektrolyt ist auf der einen Seite der Ofengasatmosphäre ausgesetzt und auf der anderen Seite über eine Führung, die einen heizbaren Edelmetalldraht als Katalysator aufweist, ebenfalls mit dem Ofengas beaufschlagbar. Die Sonde besitzt einen Halter, der in die Wand eines Nitrierofens einsetzbar ist. Von diesem Halter ragt zum Inneren des Ofens das Fühlteil der Sonde. Es nimmt bei Betrieb des Ofens eine der Prozeßtemperatur entsprechende Temperatur von z. B. 450°C bis 650°C an. Der Halter besitzt ein Gehäuse für Steckverbindungen, das sich bei Betrieb der Sonde außerhalb des Ofens befindet. In diesem Gehäuse, nachfolgend als Anschlußkopf bezeichnet, sind die Anschlüsse für den Festkörperelektrolyten, den heizbaren Edelmetalldraht und das Thermoelement zu Steckern geführt. Dies gestattet, die Meßsonde mit einem externen Anzeige- und Versorgungsgerät zu verbinden.

Insbesondere kommt die Meßsonde als Teil einer Überwachungs- und Regeleinheit zum Einsatz. Teil der Überwachungs- und Regelungseinheit ist neben der Meßsonde normalerweise ein als Einzelbaustein gestaltetes Anzeige- und Versorgungsgerät, das eine Regeleinheit aufweist. Diese Regeleinheit dient beispielsweise zur Einstellung eines Massendurchflußreglers oder mehrerer Massendurchflußregler, mittels dessen oder derer eine Gaszusammensetzung, beschrieben durch eine oder mehrere Atmosphärenkennzahlen, etwa die Nitrierkennzahl K_N und die Kohlenstoffaktivität A_c , geregelt werden kann. In einigen Industrieanlagen, insbesondere kontinuierlich arbeitenden Öfen, kommen mehrere Meßsonden gleichzeitig zum Einsatz, die entweder mit jeweils einem oder mit einem für den Betrieb von mehreren Meßsonden und Stellgliedern ausgelegten Anzeige- und Versorgungsgerät verbunden sind. Ein für den Anschluß von mehreren Meßsonden ausgelegtes Anzeige- und Versorgungsgerät weist für jede anzuschließende Sonde eine logisch getrennte Regeleinheit auf. Üblicherweise sind jeder Meßsonde ein oder mehrere Stellglieder exklusiv zugeordnet.

Bei beiden Anschlußformen der Meßsonde an Anzeige- und Versorgungsgerät kommt es zu Redundanzen in der Beschaffenheit der normalerweise eingesetzten Anzeige- und Versorgungsgeräte, wobei hier insbesondere Gehäuse mit Anzeige und Netzspannungsversorgung bei Einzelgeräten bzw. nicht belegte Kanäle bei Mehrfachgeräten zu nennen sind. Im Falle geringer Fertigungstückzahlen sind diese Redundanzen sehr kostspielig.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer Meßsonde der eingangs genannten Art zugrunde, die sich für den Einsatz in einer kostengünstig ge-

stalteten Überwachungs- und Regeleinheit zur Regelung der Zusammensetzung und/oder Temperatur einer Ofenatmosphäre eignet, in der die Zahl der eingesetzten Meßsonden und Stellglieder flexibel gehalten werden kann, und die bei keinen oder lediglich geringen Modifikationen zum Einsatz in den unterschiedlichen Anlagen ausgelegt ist.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, daß der Anschlußkopf wenigstens eine Regeleinheit enthält. Indem sowohl die Signalaufbereitung und Auswertung für den oder die Meßfühler sowie die Regelung der abzuleitenden Größen in den Anschlußkopf der Meßsonde integriert werden, ist es möglich, z. B. teure und aufwendige Meßsignalleitungen von den Meßfühlern der Meßsonde hin zu einem externen Anzeige-, Auswerte- und Regelgerät einzusparen und die Meßsonde als Regelglied in einem Regelkreis ohne ein zusätzliches Auswerte- Anzeige- und Regelgerät zur Erfassung einer Regelgröße und Berechnung und Ausgabe einer Stellgröße einzusetzen.

In Ausgestaltung der Erfindung weist die Signalaufbereitung im Anschlußkopf der Meßsonde Mittel zur AD-Wandlung, d. h. zur Wandlung analoger elektrischer Signale in digitale Größen auf. Auf diese Weise wird die Möglichkeit einer rechnergestützten Datenaufbereitung im Anschlußkopf der Meßsonde geschaffen. Meßwerte können bei im Vergleich zu einer Übertragung eines analogen Meßsignals geringer Störanfälligkeit in kostengünstigen Signalleitungen zu externen Geräten übertragen werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist in dem Anschlußkopf der Meßsonde für den oder die Meßfühler eine Rechneinheit als Auswerteeinheit und Regeleinheit vorgesehen. Auf diese Weise ist es möglich, mittels Software eine flexible Anpassung der Signalauswertung für Signale der Meßfühler in der Meßsonde an unterschiedliche Meßfühler und für verschiedene Einsatzgebiete vorzunehmen. Wird außerdem in die Rechneinheit die Regelung der Kenngrößen des jeweiligen Einsatzgebiets integriert, so kann mittels Software die Regelvorschrift auf eine gegebene Anwendung flexibel angepaßt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Rechneinheit zur Eingabe und Ausgabe von Daten mit einem Bus-Interface-Modul verbunden. Auf diese Weise ist es möglich, ein oder mehrere Prozeßanschaltungseinheiten und eine Anzeige- und Bedieneinheit lediglich über eine gemeinsame Busleitung mit der Meßsonde zu verbinden. Dies ermöglicht eine einfache Verkabelung oder evtl. sogar eine drahtlose Verbindung von Geräten.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung enthält die Rechneinheit zur Regelung ein Programm mit PID- und/oder Fuzzy-Logik-Algorithmus. Auf diese Weise ist es möglich, mittels der Rechneinheit einen stabilen Regelkreis bereitzustellen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung enthält die Rechneinheit zur Bestimmung der Parametrierung der Regelstrecke ein neuronales Netz. Auf diese Weise wird erreicht, daß bei gelegentlicher Eingabe von Eichwerten über einen längeren Zeitraum hinweg das Programm zur Auswertung der digitalisierten Meßwerte sowie zur Regelung der abgeleiteten Größen sich selbstlernend optimiert.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind Mittel zur Kühlung des Anschlußkopfes der Meßsonde vorgesehen. Auf diese Weise wird ein fehlerfreier Betrieb aller Elektronikbauteile im Anschlußkopf der Meßsonde auch bei den außen an einer Ofenwand auftretenden hohen Temperaturen sichergestellt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist im Anschlußkopf der Meßsonde eine Ansteuerelektronikeinheit beispielsweise zur eventuellen Spülung und/oder Eichung von Meßzellen sowie gegebenenfalls eine Heizungsregelung für

einen als Katalysator dienenden Edelmetalldraht vorgesehen. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß ein kontinuierlicher Betrieb der Meßsonde ohne Verbindung dieser mit einer externen Ansteuereinheit problemlos möglich ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung des anhand von Zeichnungen erläuterten ersten Ausführungsbeispiels:

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Meßsonde zum Erfassen der Zusammensetzung und/oder der Temperatur einer Ofenatmosphäre und die Verschaltung der Meßsonde mit einer Anzeige- und Bedieneinheit und einer Prozeßanschaltungseinheit.

Fig. 2 erläutert den programmablauf in einer im Anschlußkopf der Meßsonde vorgesehenen Rechneinheit.

Die in **Fig. 1** dargestellte Meßsonde 1 zum Erfassen der Zusammensetzung und der Temperatur einer Ofenatmosphäre wird durch einen Anschlußkopf 2 und durch ein Fühlteil 3 gebildet. Das Fühlteil 3 besteht aus einem zylindrischen Edelmetallrohr, in das ein Sauerstoffsensor auf Festkörperelektrolytbasis 4 und ein Thermoelement als Temperaturfühler 5 und in der **Fig. 1** nicht näher dargestellte Mittel zur Führung von Meß- und Referenzgas untergebracht sind. Die Meßsonde 1 ist zum Einbau in einen Ofen vorgesehen, wobei das Fühlteil in die Ofenkammer ragt und dort der Prozeßtemperatur ausgesetzt ist. Der Anschlußkopf 2 befindet sich außerhalb der Ofenkammer. In dem Anschlußkopf 2 sind eine Einheit zur Wandlung der analogen Meßsignale in digitale Größen 6, eine Rechneinheit 7 und ein Bus-Interface-Modul 8 auf einer Kühlplatte 9 angeordnet.

Zwischen der Kühlplatte 9 und der AD-Wandlereinheit 6, der Rechneinheit 7 und dem Bus-Interface-Modul 8 besteht ein guter thermischer Kontakt, so daß trotz der außen an einer Ofenwand auftretenden erhöhten Temperaturen die Temperatur der Elektronikbauteile in dem Anschlußkopf auf einer für sie unschädlichen Betriebstemperatur gehalten werden.

Über Leiter 10 und 11 werden die Elektromotorische Kraft (EMK) zwischen den Elektroden des Festkörperelektrolyten im Sauerstoffmeßfühler 4 und die Thermospannung U_{Th} vom Thermoelement 5 zur AD-Wandlereinheit (Analog-Digital-Wandlereinheit) 6 geführt. Dort werden die Meßsignale in einer Vorverstärkerstufe vorverstärkt und im Anschluß analog-digital gewandelt. Mit der AD-Wandlereinheit 6 ist die Rechneinheit 7 verbunden, die ein Programm zur Berechnung von Temperatur und Sauerstoffpartialdruck aus der digitalisierten Thermospannung und der digitalisierten EMK enthält. Mit Hilfe eingegebener Parameter werden aus diesen Werten die eigentlichen Kenngrößen des Prozesses rechnerisch ermittelt und mit einem nachgeschalteten Regelalgorithmus die entsprechenden Stellgrößen berechnet.

Um eine Kommunikation der Rechneinheit 7 mit weiteren externen Geräten zu ermöglichen, ist die Rechneinheit 7 mit dem Bus-Interface-Modul 8 verbunden, mittels dem digitale Signale auf der Busleitung 12 ausgegeben bzw. eingegeben werden können. Es ist vorgesehen die Meßsonde 1 zusammen mit einem Anzeige- und Bediengerät 13 und mindestens einer Prozeßanschaltungseinheit 14, die alle an einer gemeinsamen Busleitung 12 liegen, zu betreiben. Das Anzeige- und Bediengerät 13 weist eine Anzeigeeinheit 16, ein Eingabetableau 15 sowie ein Bus-Interface-Modul 17 auf. Mittels des Eingabetableaus 15 können über das Bus-Interface-Modul 17 und die Busleitung 12 an die Rechneinheit 7 Einstellungen, wie Parameter oder Sollvorgaben, gesendet werden. Diese Einstellungen werden der Rechneinheit 7 über das Bus-Interface-Modul 8 zugeführt. Auf dem selben Wege werden von Anzeige- und Bediengerät 13 seinerseits zyklisch alle prozeßrelevanten Größen von der

Rechneinheit 7 abgefragt und diese auf der Anzeige 16 ausgegeben. Die Ansteuerung von Stellgliedern zur Regelung eines Prozesses übernimmt die Prozeßanschaltungseinheit 14. Sie besteht aus einem Bus-Interface-Modul 18 und analogen und/oder digitalen Ausgangsmodulen 19, die die Sollvorgaben an entsprechende Stellglieder übernehmen. Die Prozeßanschaltungseinheit 14 erhält ihre Befehle von der Rechneinheit 7 über das Bus-Interface-Modul 18 und die Busleitung 12.

Eine Modifikation des beschriebenen ersten Ausführungsbeispiels besteht darin, im Anschlußkopf auch eine Ansteuerelektronikeinheit vorzusehen, die zur Steuerung eines Spülvorganges der Mittel zur Führung von Meß- und Referenzgas dient. Eine weitere Modifikation des Ausführungsbeispiels besteht darin im Anschlußkopf auch eine Ansteuerelektronikeinheit zur Eichung von Sauerstoffsensoren und Thermoelement sowie gegebenenfalls auch eine Ansteuerelektronik zur Heizungsregelung für einen als Katalysator dienenden Edelmetalldraht vorzusehen.

Fig. 2 erläutert in einem Funktionsdiagramm das Zusammenspiel der Rechneinheit 7 mit der AD-Wandlereinheit 6 und dem Bus-Interface-Modul 8 und die Struktur des in der Rechneinheit 7 abgelegten Programms. Das Programm gliedert sich grob in die Funktionsblöcke Signalauswertung 20, Rohwertkorrektur 21 und Regelalgorithmus 22.

Im Funktionsblock Signalauswertung 20 werden die von der AD-Wandlereinheit 6 digitalisierten Meßwerte der Meßfühler mit zum Teil mittels des Bus-Interface-Moduls 8 bereitgestellten Parametern in die eigentlichen Kenngrößen des Prozesses umgerechnet, und zwar zunächst in unkorrigierte Rohwerte.

Diese Rohwerte werden im Funktionsblock Rohwertkorrektur 21 mittels Extrapolation von im remanenten Speicher der Rechneinheit 7 abgelegten Eichwerten, die über das Bus-Interface-Modul 8 bereitgestellt werden können, korrigiert.

Im darauffolgenden Funktionsblock Regelalgorithmus 22 werden die berechneten Kenngrößen mit den über das Bus-Interface-Modul 8 bereitgestellten Sollwerten verglichen und über einen PID-Algorithmus, dessen Parameter ebenfalls über das Bus-Interface-Modul 8 versorgt werden, die zur Regelung der jeweiligen Kenngröße zugeordnete Stellgröße ermittelt und über das Bus-Interface-Modul 8 an das entsprechende Stellglied weitergegeben.

Es ist möglich, den Funktionsblock 21 zur Korrektur der ermittelten Rohwerte als neuronales Netz auszubilden. Ein neuronales Netz modifiziert und optimiert sich über die Eichwerte, die im Laufe der Zeit etwa über das Anzeige- und Bediengerät eingegeben werden, von selbst. Auch kann es vorteilhaft sein, den Funktionsblock 22 nicht als einfachen PID-Regler sondern als Fuzzy-Regler, evtl. mit automatischer Parametrierung über ein zweites neuronales Netz, auszubilden, wenn es beispielsweise mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist, ein hinreichend genaues Modell der zu bearbeitenden Regelstrecke zu erstellen.

Ein zweites Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Meßsonde entspricht in seinem Aufbau dem ersten Ausführungsbeispiel, beinhaltet jedoch anstelle des Sauerstoffmeßfühlers auf Festkörperelektrolytbasis oder zusätzlich zu ihm eine Lamda-Sonde zur Bestimmung des Sauerstoffpartialdrucks im Fühlteil der Meßsonde. Ein drittes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Meßsonde ist lediglich als Temperaturfühler und Regler ausgelegt, d. h. in dem Fühlteil der Meßsonde befindet sich lediglich ein einziger beispielsweise als Thermoelement ausgebildeter Temperaturmeßfühler.

Es versteht sich, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt

ist, sondern sich auf jegliche Art von Meßsonden erstreckt, die für den Einsatz in einer Regelstrecke geeignet sind.

Patentansprüche

1. Meßsonde (1) insbesondere zum Erfassen der Zusammensetzung einer Atmosphäre und/oder der Temperatur im Nutzraum eines Ofens mit einem Fühlteil (2), das wenigstens einen Meßfühler aufweist, und einem Anschlußkopf (2), in dem für den wenigstens einen Meßfühler (4, 5) wenigstens eine Signalaufbereitungseinheit und wenigstens eine Auswerteeinheit untergebracht sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anschlußkopf (2) wenigstens eine Regeleinheit (7) enthält.
2. Meßsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalaufbereitungseinheit Mittel zur AD-Wandlung aufweist.
3. Meßsonde nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Anschlußkopf (2) für den oder die Meßfühler (4, 5) als Auswerteeinheit und Regeleinheit eine Rechneinheit (7) vorgesehen ist.
4. Meßsonde nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechneinheit (7) zur Eingabe und Ausgabe von Daten mit einem Bus-Interface-Modul (8) verbunden ist.
5. Meßsonde nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regelung die Rechneinheit (7) ein Programm mit PID und/oder Fuzzy-Logik-Algorithmus enthält.
6. Meßsonde nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechneinheit (7) ein Programm mit neuronalem Netzalgorithmus enthält.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Meßfühler als Thermoelement ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Meßfühler als Sauerstoffmeßfühler ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Meßfühler als Lambda-Sonde ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Kühlung (9) der Elektronik im Anschlußkopf vorgesehen sind.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Anschlußkopf eine Ansteuerelektronik zur Spülung und/oder Eichung der Meßsonden vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Anschlußkopf eine Ansteuerelektronik zur Heizungsregelung für einen als Katalysator dienenden Edelmetalldraht vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

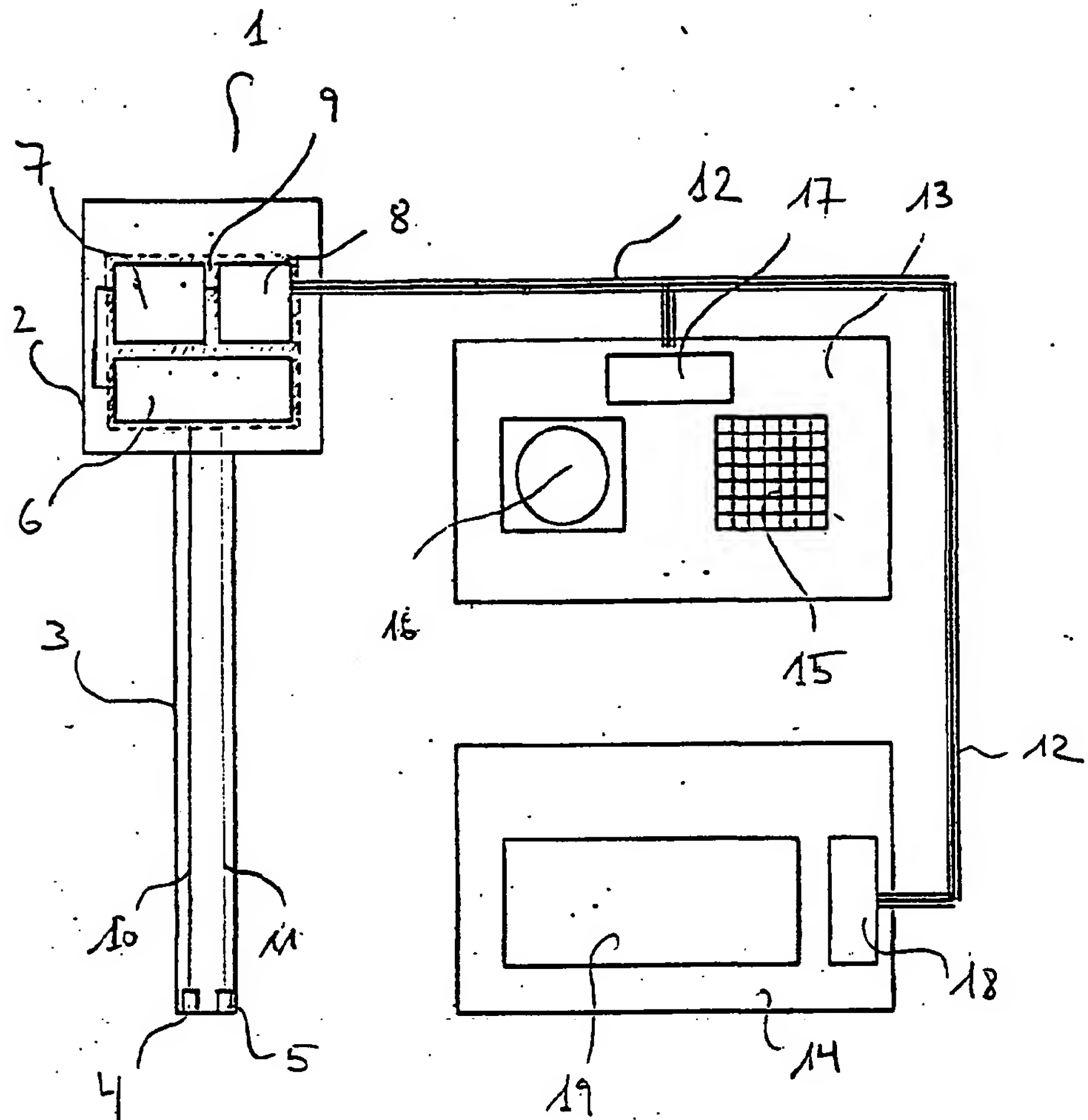


Fig. 2

